

企业管理

四川盆地 HLC 地区长兴组生物礁储层地震叠前预测方法研究

李雪梅*

(中石化石油工程地球物理有限公司南方分公司 四川成都 610093)

摘要:川东北地区的生物礁气藏为碳酸盐岩岩性圈闭气藏,具有与围岩的物性差异小、埋藏深、储层较薄、横向变化大及地震反射波场复杂等特点,这些因素共同决定了川东北地区生物礁气藏勘探难度和勘探风险。本次研究采用以地质为指导、测井为桥梁、地震叠前反演为实现手段的多信息生物礁储层预测方法对黄龙场地区生物礁储层预测进行综合研究。本次研究使用了多种储层预测的方法,结果证明依靠单一的一种储层预测方法得不到最佳的储层预测效果。首次提出叠前广义弹性阻抗(GEI)反演结果与泊松比交会,预测结果和测井解释上厚度及实际井产能均很吻合,该方法是目前适合该研究区较优化的储层预测方法。

关键词:生物礁;储层预测;AVO属性;泊松比;弹性阻抗反演

0 引言

HLC地区长兴组生物礁储层埋藏深、勘探程度较低、加上不清楚该区生物礁发育控制因素和发育特征,因此需要进一步研究生物礁展布规律^[1-3]。生物礁储层有其独特的测井和地震响应特征,在这些地球物理特征的基础上,我们还需要结合地质、钻井、测井等相关基础资料,在有利沉积相带范围内,利用多种方法,探索生物礁相带的展布规律,在此基础上通过地质-地震相结合的方法识别生物礁和预测生物礁储层。

1 研究区地质概况

HLC地区位于宣汉县境内,HLC构造位于四川盆地川东南中隆高陡构造区—双石庙构造群南部。东为罗家寨潜伏构造,西为芭蕉场潜伏构造,南为温泉井构造,北为渡口河构造。大巴山构造带和川东北区域构造的共同作用是形成HLC构造的主因。

四川盆地东北部下二叠统~下三叠统地层均以海相碳酸盐岩为主,自下而上发育梁山组、栖霞组、茅口组、吴家坪组、长兴组和飞仙关组^[4]。

2 礁储层地球物理响应特征

生物礁储层的测井响应特征表明,生物礁储层总体上具有低伽玛、低密度、高声波时差和高中子孔隙度、成像图上表现出局部不规则的团块状低电阻异常的特点。

通过对HLC研究区几口井建立各类储层模型(层状模型、楔状模型)并分别做了正演分析,确定了研究区生物礁储层在地震剖面上的响应特征。就HLC生物礁储层而言,研究区储层的地震响应模式分为可长兴组内部强反射模式和弱反射模式两类:当储层无工业性产能,储集能力差时(如HL5井),该类储层在地震剖面上表现为微弱反射,不能形成亮点的特点,地震剖面上不易识别该类弱反射模式。

当储层具有工业性产能,储集能力较好时(如HL10、HL1、HL4井),该类储层在地震剖面上表现出强振幅反射,能形成亮点的特点,且储层厚度越大,振幅越强,地震剖面上容易识别该类强反射模式。

3 叠前资料的生物礁分布预测

基于叠前地震资料的储层预测主要采用的是叠前地震反演,利用叠前地震反射振幅随入射角的变化与地层弹性参数间的关系,采用一定的数学算法,从叠前地震数据中估算岩石的弹性参数,进而利用这些弹性参数进行岩性分析和油气的预测

^[5]。叠前地震反演包括AVO属性反演、叠前弹性参数反演、叠前弹性阻抗反演等。

3.1 HLC长兴组 AVO 属性反演

泊松比是识别岩性和所含流体的主要参数,P+G又更加突出了泊松比的作用,因此泊松比反射率属性相对于其它几个AVO属性来说,在识别储层的效果上相对要好一些,储层界面处表现出较明显的泊松比反射率负异常,而截距属性和梯度属性反映较为微弱。AVO属性分析的缺点在于主要局限在定性分析上,主要利用反射波振幅定性检测含油气性,且反映的是岩石界面的信息。

3.2 泊松比反演

弹性参数反演能够利用AVO曲线反演出弹性参数,再根据弹性参数可定量判断出岩性,泊松比反演是弹性阻抗反演的其中一种。AVO反演过程解析出截距和梯度两个系数,弹性参数反演再次分解这两个系数,将其还原为构成它们的基本参数:密度和纵、横波速度^[6-7]。泊松比是反映岩性和含气性的重要参数,不同岩性的泊松比的差别比速度的差别大,因此利用泊松比来判别岩性,识别储层更可靠。

长兴生物礁储层的纵横波速度比VP/VS在剖面上表现为低值,泊松比也表现为低值,其储层主要发育在HL4、HL1和HL10井区,而在HL8、HL9、HL3井储层不发育的位置,长兴组地层内均表现为明显的高泊松比、高VP/VS。从反演效果上,泊松比反演结果较好地反映了HLC地区长兴生物礁储层的总体分布。泊松比反演结果对较好储层的刻画效果、横向连续性预测效果相对较好,但它对薄层或较差储层的识别能力较差。

3.3 叠前弹性阻抗反演

弹性阻抗反演反映的是岩石层内的信息[8]。基于模型的约束反演是本次反演使用的方法。从反演结果剖面图与测井曲线对比可见,在长兴顶界下20~40ms之间的低GEI值主要为生物礁储层的响应,而在反演剖面底部距长顶约100ms的特低GEI段代表了龙潭组下部的灰黑色硅质页岩、灰质页岩夹灰色铝土质泥岩地层,剖面中上部的高GEI值地层代表了长兴组致密灰岩地层。从该剖面上看,储层主要发育在HL10、HL1和HL4井区域,与平面图显示结果一致。虽然GEI在区分储层与非储层的能力要强于声阻抗,且对薄层的识别能力强于泊松比,但由于地层中的一些泥灰岩、泥质及页岩等因素的影响,这些因素引起的低GEI异常并不是储层的响应,但却与储层具有相同的表现特征,导致GEI反演对厚层或较好储层预测的储层厚度

偏大,因此依靠单一的一种储层预测方法得不到最佳的储层预测效果。

3.4 GEI与泊松比交会储层预测

虽然GEI在区分储层与非储层的能力要强于声阻抗,但是由于地层中的一些泥灰岩和泥质等因素的影响,这些低GEI异常并不是储层的响应,但却与储层具有相同的表现特征。由于泊松比是识别岩性的一个可靠参数,因此将泊松比与GEI进行交会,可以更加有效地识别储层。为了有效地区分由于岩性变化引起的异常GEI值变化,降低反演结果的多解性,我们将泊松比反演数据和GEI反演数据进行交会,即在GEI反演剖面上将泊松比大于0.28,GEI值大于部分设为非储层指示标记0,其余部分设为储层指示标志1,就得到了泊松比与GEI交会剖面图。从该交会剖面上看,储层发育在HL1、HL4、HL10井区,HL8、HL9、HL6、HL3井在交会结果剖面图上显示为储层不发育。

本次研究使用泊松比与GEI交会不仅包含了岩性和流体信息,还排除了地层中一些泥灰岩和泥质等因素造成的低GEI异常,该方法有效地区分了由于岩性变化引起的异常GEI值变化,降低了反演结果的多解性。利用泊松比和GEI($\theta=22.5^\circ$)反演数据交会结果,在长顶下20~60ms的时窗范围内,计算出了储层的时间厚度。根据生物礁储层厚度预测结果统计,HL8、HL9、HL3、HL6长兴组地层无有效储层发育,储层主要发育在HL1、HL10、HL4井区,HL1井储层厚度最大,其次为HL10、HL4。

HL1井长兴组地层测井上气层解释厚度22米,HL4井长兴组测井上气层解释厚度5.9米,HL10井长兴组测井上气层解释厚度25.3米。通过GEI和泊松比交会的结果可知,HL1井长兴组地层储层预测厚度26米,HL4井长兴组地层储层预测厚度5米,HL10井长兴组地层储层预测厚度21.1米。可见预测结果与测井解释结果较吻合。根据测试成果可见,HL10井产能最高,其次为HL1、HL4,主要原因为HL10井的储层物性最好,单层储层厚度大是HL10井产能HL1井的重要原因。从总体上看,储层厚度预测结果与井的实际资料较吻合。

3.5 研究区储层预测方法优选探讨

AVO反演反映的是岩石界面信息,它局限在定性地对生物礁储层进行预测,预测精度较差。而弹性参数反演能够利用AVO曲线反演出VP、VS和密度(真值),扩展到VP/VS、泊松比,再根据这些弹性参数可定量地判断出岩性和含油气性。泊松比反演结果(对厚层或较好储层的刻画效果、横向连续性预测效果相对较好,但它对薄层(HL4井)或较差储层的识别能力较差。泊松比反演对地震资料质量要求较高,虽然远道集上包含的油气信息更丰富,但是研究区远道集上叠加的地震资料的质量较差。

弹性阻抗反演反映岩石层内信息,弹性阻抗不仅包含了纵波速度信息、横波速度信息和密度信息,同时还考虑了不同偏移距对弹性波阻抗的影响,与泊松比反演相比,叠前弹性波阻抗反演对气层具有更好的应用效果,其对薄储层的识别能力高于弹性参数反演,其采用有限角度叠加后的地震数据能有效提高地震资料的信噪比。针对HLC研究区内长兴生物礁储层具有的物性较差,与围岩的差异小,非均质性强的地质特征,本次研究比较了多种弹性阻抗反演形式,GEI形式是最适合该区生物礁储层(III类)的弹性阻抗形式,即随着入射角增加,利用GEI区别储层与非储层的效果越明显。从GEI反演结果可以看出GEI反演对薄层的识别效果较好,对薄层的预测结果和测井

上解释的厚度接近。但是由于地层中的一些泥灰岩和泥质等因素的影响,这些因素导致的低GEI异常并不是储层的响应,但却与储层具有相同的表现特征,导致对厚层或较好储层预测出的储层厚度偏大。研究仅仅依靠单一的一种储层预测方法得不到最佳的预测效果。

泊松比是识别岩性的一个可靠参数,GEI在识别储层与非储层的能力较强,且对薄层的识别效果较好。为了更好的融合二者的优点,本次研究首次使用GEI反演结果和泊松比交会,泊松比与GEI交会结果不仅包含了AVO信息、相关岩性信息,还排除了地层中一些泥灰岩和泥质等因素造成的低GEI异常,该方法有效地区分了由于岩性变化引起的异常GEI值变化,降低了反演结果的多解性。泊松比反演与GEI交会结果与测井上解释的储层厚度及实际井产能对比,预测的结果和实际井资料吻合度较高。所以说广义弹性阻抗反演GEI与泊松比交会储层预测方法是本次研究中适合该研究区生物礁储层预测较优化的方法。

4 结论

(1)当储层物性很差时,生物礁储层段在测井曲线上表现为低伽玛,密度增大,声波时差减小。当储层物性相对较好时,生物礁储层段在测井曲线上表现为低伽玛,声波时差增大、密度降低、中子增大。

(2)通过储层精细标定、储层地震模型正演和AVO响应分析,建立了储层的地震响应模式,明确了工区内生物礁储层在地震剖面上表现为强振幅,反射振幅的大小反映了储层的优劣。

(3)本次研究使用了多种储层预测的方法,结果证明依靠单一的一种储层预测方法得不到最佳的储层预测效果。首次提出叠前广义弹性阻抗(GEI)反演结果与泊松比交会,预测结果和测井解释上厚度及实际井产能均很吻合,该方法是目前适合该研究区较优化的储层预测方法。

(4)通过综合研究,搞清楚了研究区长兴组生物礁储层的平面分布:研究区的陆棚边缘相带内生物礁普遍较发育,但生物礁储层分布局限,主要集中发育在HL1-HL10-HL4井区,HL5井区生物礁储层不发育。以GEI反演结果和泊松比交会,得到了长兴组生物礁储层厚度预测结果,可为以后的勘探井位提供依据。

参考文献:

- [1]秦启荣,苏培东,等.2011.HLC构造形成与演化[J].石油地质与工程,25(03):15-18.
- [2]张静,杨雨,等.1997.四川盆地东部上二叠统长兴组生物礁气藏形成机理[J].海相油气地质,5(01):145-152.
- [3]2012.四川盆地HLC构造长兴组生物礁储层预测[D].成都理工大学.
- [4]2014.地震资料叠前反演方法研究[D].东北石油大学.
- [5]张哨楠,苏锦义.2012.AVO叠前反演在中等阻抗储层预测中的应用[J].物探化探计算技术,34(01):51-57.
- [6]赵钊.2014.川东乙地区长兴组生物礁及其储层的研究[D].成都理工大学.
- [7]周长友.2011.川东北WBT构造生物礁储层预测[D].成都理工大学.
- [8]朱秋影.2006.基于叠前偏移资料的AVO反演[D].大庆石油学院.

作者简介:李雪梅(1989.8-),女,汉族,四川成都人,硕士研究生,工程师,研究方向:地震资料解释